

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor :Hiroaki TOMOFUJI, et al.
Filed :Concurrently herewith
For :APPARATUS FOR COMPENSATING....
Serial Number :Concurrently herewith

January 16, 2004


Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

PRIORITY CLAIM AND
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

S I R:

Applicant hereby claims priority under 35 USC 119 from **Japanese** patent application number **2003-041393** filed **February 19, 2003**, a copy of which is enclosed.

Respectfully submitted,



Thomas L. Bean
Reg. No. 44,528

Katten Muchin Zavis Rosenman
575 Madison Avenue
New York, NY 10022-2585
(212) 940-8800
Docket No.: FUJI 20.881

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 1 9 日
Date of Application:

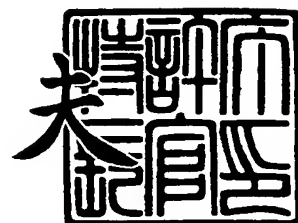
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 4 1 3 9 3
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 4 1 3 9 3]

出 願 人 富 士 通 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 9 1 4 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 0251858

【提出日】 平成15年 2月19日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01S 3/10

【発明の名称】 分散補償装置及びそれを用いた波長分割多重通信システム

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

 【氏名】 友藤 博朗

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

 【氏名】 前田 卓二

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

 【氏名】 島田 裕二

【特許出願人】

 【識別番号】 000005223

 【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】**【識別番号】** 100070150**【住所又は居所】** 東京都渋谷区恵比寿4丁目20番3号 恵比寿ガーデン
プレイスタワー32階**【弁理士】****【氏名又は名称】** 伊東 忠彦**【電話番号】** 03-5424-2511**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 002989**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0114942**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散補償装置及びそれを用いた波長分割多重通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の波長が多重化されたWDM信号を 1つの入力ポートに入力されて波長分離し、分離した各波長の方路を複数の出力ポートのうち任意の出力ポートに切り替えて出力する波長選択光スイッチ手段と、

前記波長選択光スイッチ手段の各出力ポートに接続され、それぞれ異なった分散補償値が設定された複数の分散補償手段と、

前記複数の分散補償手段の出力する複数の波長を複数の入力ポートに供給されて合波しWDM信号を出力する合波手段を有することを特徴とする分散補償装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の分散補償装置において、

前記波長選択光スイッチ手段は、複数の出力ポートのうち特定の出力ポートから特定波長を外部に出力することを特徴とする分散補償装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の分散補償装置において、

前記合波手段は、複数の入力ポートのうち特定の入力ポートから特定波長を供給され、前記複数の分散補償手段の出力する複数の波長と前記特定波長を合波することを特徴とする分散補償装置。

【請求項 4】 第 1 ポートから入力される複数の波長が多重化されたWDM信号を第 2 ポートから出力し、前記第 2 ポートに入力されるWDM信号を第 3 ポートから出力する光サーキュレート手段と、

前記第 2 ポートから供給される前記複数の波長が多重化されたWDM信号を 1つの入力ポートに入力されて波長分離し、分離した各波長の方路を複数の出力ポートのうち任意の出力ポートに切り替えて出力する波長選択光スイッチ手段と、

前記波長選択光スイッチ手段の各出力ポートに接続され、それぞれ異なった分散補償値が設定された複数の分散補償手段と、

前記複数の分散補償手段それぞれの端部で出力光を反射して折り返す複数の反射手段を

有することを特徴とする分散補償装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれか記載の分散補償装置を光伝送路に設けたことを特徴とする波長分割多重通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、分散補償装置及びそれを用いた波長分割多重通信システムに関し、光伝送システムで用いられる分散補償装置及びそれを用いた波長分割多重通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年インターネットの急速な普及またマルチメディア社会の進展に伴い、各国において通信需要が急速に伸張しており、これに対応するため、現在、WDM (Wavelength Division Multiplexer: 波長分割多重) 技術を用いた幹線光伝送システムの導入が進み、伝送容量の拡大が図られている。

【0003】

図 1 は、従来の WDM 通信システムの一例の構成図を示す。同図中、複数の光送信機 10 それぞれは異なる波長の光信号を送信する。これらの光信号は複数の光減衰器 11 で光パワーが一定となるように調整されたのち、光合波器 12 で光多重される。光合波器 12 の出力する WDM 信号は光ポストアンプ 13 で一括増幅されて光伝送路 14 に送出され、光伝送路 14 途中の光インラインアンプ 15 で増幅されて光分岐挿入装置 (OADM) 16 に伝送される。

【0004】

光分岐挿入装置 16 では光信号の分岐／挿入が行われ、光分岐挿入装置 16 の出力する WDM 信号は光伝送路 17 を伝送され、光プリアンプ 18 を通して光分波器 19 に供給され、ここで波長毎に分波されたのち複数の光受信機 20 で受信される。

【0005】

通信速度 10 Gb/s の陸上 WDM 通信システムでは、波長間隔 100 GHz

(約 0.8 nm) で 40 波多重や波長間隔 50 GHz (約 0.4 nm) で 88 波多重を用い 1500 km 伝送可能なシステムが開発されている。この場合、32 ~ 36 nm 程度の波長帯域を使用する。

【0006】

WDM 通信システムで長距離伝送する場合、分散補償が課題のひとつである。長距離システムでは、光アンプとしてエルビウム添加光ファイバ増幅器 (以下 EDFA と略称する) を用いるが、その増幅帯域に合わせて 1.5 μ m 帯で伝送を行う。

【0007】

WDM 伝送用の光伝送路としては、1.55 μ m 帯で +18 ps/nm/km 程度の大きな分散を有する 1.3 μ m 帯の零分散シングルモードファイバ (以下 SMF と略称する) や、1.55 μ m 帯でわずかな分散をもつノンゼロ分散シフトファイバ (以下 NZ-DSF と略称する) が用いられる。

【0008】

このように、光伝送路が数 ps/nm/km 程度の分散を持つのは、零分散波長付近で波長多重信号を伝送すると四光波混合現象により干渉光が発生するので、それを避けるためである。

【0009】

波長分散は、光パルスの伝播速度が光の波長 (周波数) に依存する現象である。高速に変調された光パルスは、周波数領域では広いスペクトラムを持つことになり、このような光パルスが光ファイバ中を伝播すると、光ファイバの波長分散の影響によりスペクトラム中の短波長成分と長波長成分との伝播速度が相違し、光パルスの波形が変化する。このような波長分散の影響を軽減するために、光ファイバの分散値を逆の分散値をもつ分散補償器 (DCM: Dispersion Compensation Module) を用いて補償することが従来から行われている。

【0010】

分散補償器としては、(1) グレーティングを用いた構成、(2) 光干渉計を用いた構成、(3) 光ファイバを用いた構成等が提案されている。この中でも光

ファイバを用いた分散補償器は、制御回路等が必要でなく、受動的な動作が可能であること、使用波長帯域が他の構成の分散補償器に比較して極めて広いこと等によって、広く用いられている（例えば、特許文献1，2，3参照。）。

【0011】

通信速度が数10Gb/sの伝送を行う陸上のWDMシステムでは、光アンプの中段に分散補償器を挿入し、WDM信号を一括して補償を行う。光ファイバの分散には波長依存性があるため、図2に示すように各波長で分散係数はわずかに異なる。これを二次分散または分散スロープと呼ぶ。図2には、SMF，NZ-DSF，DCMの分散スロープと、SMFを分散補償器（DCM）で補償した分散スロープ及びNZ-DSFを分散補償器で補償した分散スロープを示す。

【0012】

また、長距離伝送を行うと、分散スロープのため各波長間で分散量の偏差が大きくなり、受信器の分散許容値を超えてしまう。これを補償するために、分散補償器に逆分散スロープを与えている。

【0013】

【特許文献1】

特開平9-218314号公報

【0014】

【特許文献2】

特開平9-261173号公報

【0015】

【特許文献3】

特開平11-204866号公報

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

分散補償後の各波長間の分散量を0とするには、SMFの1次分散係数 D_1 (ps/nm/km)，2次分散係数（スロープ） S_1 ($\text{ps/nm}^2/\text{km}$)とし、DCMの1次分散係数 D_2 ，2次分散係数 S_2 とすると、 $S_1/D_1 = S_2/D_2$ であることが必須である。NZ-DSFでは S_2/D_2 としてSHFに比

して大きな値、即ち大きな分散スロープが必須であり、従来の単一の分散補償器では補償が不十分であり、十分な分散補償を行うためには伝送距離を制限する必要があった。また、長距離伝送においては、途中で信号を挿入／分岐するノード（OADM）を入れる場合が多く、この場合には各信号の通過するルートが異なり、波長によって伝送路長が異なり、各波長で最適な分散補償を行うことができないという問題があった。

【0017】

一方、通信速度が40Gb/s伝送の場合、分散補償許容誤差が $-25 \sim 25$ ps/nmと狭い。このため、光伝送路の分散の波長依存性を高精度に補償する必要がある。例えば、SMFを伝送路とした場合、分散スロープ 0.08 [ps/nm²/km]、波長帯域32nm、伝送距離600km、スロープ補償誤差5%とすると、 $0.08 \times 32 \times 600 \times 0.05 = 80$ [ps/nm] となって分散補償許容誤差を超えてしまう。更に、二次以上の高次の分散も無視できなくなるという問題があった。

【0018】

本発明は、上記の点に鑑みなされたものであり、波長毎に最適な分散値を設定することができ、光伝送路の分散の波長依存性を高精度に補償することができる分散補償装置及びそれを用いた波長分割多重通信システムを提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、複数の波長が多重化されたWDM信号を1つの入力ポートに入力されて波長分離し、分離した各波長の方路を複数の出力ポートのうち任意の出力ポートに切り替えて出力する波長選択光スイッチ手段と、

前記波長選択光スイッチ手段の各出力ポートに接続され、それぞれ異なった分散補償値が設定された複数の分散補償手段と、

前記複数の分散補償手段の出力する複数の波長を複数の入力ポートに供給されて合波しWDM信号を出力する合波手段を有することにより、

波長毎に最適な分散値を設定することができ、光伝送路の分散の波長依存性を

高精度に補償することができる。

【0020】

請求項2に記載の発明では、波長選択光スイッチ手段は、複数の出力ポートのうち特定の出力ポートから特定波長を外部に出力することにより、

各波長の分散補償値の調整を行うと同時に、特定波長のドロップを行うことができる。

【0021】

請求項3に記載の発明では、合波手段は、複数の入力ポートのうち特定の入力ポートから特定波長を供給され、前記複数の分散補償手段の出力する複数の波長と前記特定波長を合波することにより、

各波長の分散補償値の調整を行うと同時に、特定波長のアッドを行うことができる。

【0022】

請求項4に記載の発明は、第1ポートから入力される複数の波長が多重化されたWDM信号を第2ポートから出力し、前記第2ポートに入力されるWDM信号を第3ポートから出力する光サーキュレート手段と、

前記第2ポートから供給される前記複数の波長が多重化されたWDM信号を1つの入力ポートに入力されて波長分離し、分離した各波長の方路を複数の出力ポートのうち任意の出力ポートに切り替えて出力する波長選択光スイッチ手段と、

前記波長選択光スイッチ手段の各出力ポートに接続され、それぞれ異なった分散補償値が設定された複数の分散補償手段と、

前記複数の分散補償手段それぞれの端部で出力光を反射して折り返す複数の反射手段を有することにより、

単一の波長選択光スイッチ手段で合波手段を兼用することができ、構成が簡単になる。

【0023】

【発明の実施の形態】

図3は、本発明の分散補償装置の第1実施例の構成図を示す。同図中、分散補償装置は波長選択光スイッチ30、50と、分散補償器40₁～40_nと、光ス

イチ制御回路 60 から構成されている。

【0024】

波長選択光スイッチ 30 は、1つの入力ポートに対して n 個の出力ポートを有し、光アンプ 62 から WDM 信号を供給される。波長選択光スイッチ 30 は WDM 信号を分波し、各波長信号を光スイッチ制御回路 60 の制御に応じて任意の出力ポートに切り替える。

【0025】

波長選択光スイッチ 30 の各出力ポートに接続する n 個の分散補償器 $40_1 \sim 40_n$ はそれぞれ分散補償値が異なり、各分散補償器 $40_1 \sim 40_n$ から出力される波長信号は波長選択光スイッチ 50 の n 個の入力ポートに接続される。波長選択光スイッチ 50 は、 n 個の入力ポートに対して 1つの出力ポートを有しており、各ポートから入力した異なる波長信号を適切に制御することで 1つの WDM 信号に号はすることができる。波長選択光スイッチ 50 で合波された WDM 信号は出力ポートから光アンプ 63 を通して出力される。

【0026】

入力した WDM 信号の各波長は、波長選択光スイッチ 30 で分散補償器 $40_1 \sim 40_n$ に対する方路を選択することで、最適な分散補償値を分散補償器 $40_1 \sim 40_n$ の中から選択することができる。

【0027】

上記波長選択光スイッチ 30 としては、回折デバイス 31 と、回折デバイス 31 で分光した各波長を受光して出力する方路を切り替えられる小型ミラー (MEMS-SW) $32_1 \sim 32_n$ と、複数の方路に対応し各小型ミラー $32_1 \sim 32_n$ からの光を合波する回折デバイス $33_1 \sim 33_n$ からなる構成が考えられる。 $n=4$ の例としては、文献 D. M. Marom et, al, "Wavelength-selective 1×4 switch for 128 WDM channels at 50 GHz spacing" OFC2002 PD-FB7 に記載されている。また、波長選択光スイッチ 50 は、波長選択光スイッチ 30 の入出力を逆にして使用することで実現可能である。

【0028】

分散補償器 40₁ ~ 40_nとしては、例えば分散補償ファイバを用いる。補償すべき波長間の分散偏差量を $D [ps/nm]$ 、波長選択光スイッチ 30 の出力ポート数を n とした場合、各分散補償ファイバの分散量は、 $-D/n$, $-2D/n$, ..., $-D [ps/nm]$ で与え、各分散補償ファイバの分散補償値を等ステップで設定する。分散の偏差量が小さくなるように、波長毎に通過する分散補償器 40₁ ~ 40_n を決め、その方路へ出力するように光スイッチ制御回路 60 で波長選択光スイッチ 30 を制御する。なお、光スイッチ制御回路 60 は図示しない上位装置から WDM 信号内の各波長について、その波長と経路（伝送距離）に応じてどの程度の分散補償を行うかの制御情報を供給されている。

【0029】

これにより、この分散補償器通過後の波長間の分散補償偏差は D/n までに圧縮される。入力光信号の分散補償残量が図 4 (A) に示すような場合、分散補償器 40₁ ~ 40₄ の分散補償値が図 4 (B) に示す設定であれば、波長選択光スイッチ 50 の出力する光信号の分散補償残量は図 4 (C) に示すようになる。

【0030】

ここでは、分散補償残量が波長に対して直線的な場合を示したが、後述するように、任意の局でアッド／ドロップする OADM システムやリングネットワークでは、波長毎に最適な分散補償量が異なり、図 11 に示すように、波長毎に最適な分散補償量を選択する場合もある。

【0031】

なお、分散補償器 40₁ ~ 40_n それぞれの分散補償値は等間隔でなく、不等間隔に設定してもよい。また、波長選択光スイッチ 30 では WDM 信号を波長毎に分波して方路を選択するものであっても良いが、WDM 信号を複数の波長グループに分波して波長グループ毎に方路を選択するものであっても良い。

【0032】

図 5 は、本発明の分散補償装置の第 2 実施例の構成図を示す。同図中、図 3 と同一部分には同一符号を付す。

【0033】

図 5 において、波長選択光スイッチ 30 は、1 つの入力ポートに対して n 個の

出力ポートを有し、光アンプ 64、分散補償器 65、光アンプ 66 を通して WDM 信号を供給される。波長選択光スイッチ 30 は WDM 信号を分波し、各波長信号を光スイッチ制御回路 60 の制御に応じて任意の出力ポートに切り替える。なお、光スイッチ制御回路 60 は図示しない上位装置から WDM 信号内の各波長について、その波長と経路（伝送距離）に応じてどの程度の分散補償を行うかの制御情報を供給されている。

【0034】

波長選択光スイッチ 30 を構成する回折デバイス 33₁～33_nのうち回折デバイス 33_nは光信号のドロップ用として用いられ、回折デバイス 33_nの出力ポートから出力される光信号は光分波器 70 で波長毎に分波されて出力される。

【0035】

波長選択光スイッチ 30 の回折デバイス 33₁～33_nのうち回折デバイス 33_nを除く各出力ポートには $n-1$ 個の分散補償器 40₁…が接続されている。分散補償器 40₁…はそれぞれ分散補償値が異なり、各分散補償器 40₁…から出力される波長信号は波長選択光スイッチ 50 の $n-1$ 個の入力ポートに接続される。波長選択光スイッチ 50 は、 n 個の入力ポートに対して 1 つの出力ポートを有しており、波長選択光スイッチ 50 を構成する回折デバイス 33₁～33_nのうち回折デバイス 33_nの入力ポートは光合波器 72 に接続されており、光信号のアッド用として用いられる。光合波器 72 で合波された光信号は波長選択光スイッチ 50 の回折デバイス 33_nに入力され、分散補償器 40₁…それぞれを通して供給される光信号と合波される。

【0036】

このようにして、各波長の分散補償値の調整を行うと同時に、光アッド／ドロップ装置としての機能も同時にもつことができる。

【0037】

図 6 は、本発明の分散補償装置の第 3 実施例の構成図を示す。同図中、図 3 と同一部分には同一符号を付す。

【0038】

図 6 において、光アンプ 74 から光サーキュレータ 76 の第 1 ポートに入力さ

れたWDM信号は光サーキュレータ76の第2ポートから波長選択光スイッチ30の入力ポートに供給される。波長選択光スイッチ30は、1つの入力ポートに対してn個の出力ポートを有しており、入力ポートからWDM信号を供給される。波長選択光スイッチ30はWDM信号を分波し、各波長信号を光スイッチ制御回路60の制御に応じて任意の出力ポートに切り替える。なお、光スイッチ制御回路60は図示しない上位装置からWDM信号内の各波長について、その波長と経路（伝送距離）に応じてどの程度の分散補償を行うかの制御情報を供給されている。

【0039】

波長選択光スイッチ30の各出力ポートに接続するn個の分散補償器40₁～40_nはそれぞれ分散補償値が異なっている。各分散補償器40₁～40_nの端部は光反射器80₁～80_nが設けられている。光反射器80₁～80_nは、例えば分散補償器40₁～40_nとしての分散補償ファイバそれぞれの端面にミラーを蒸着して構成する。

【0040】

波長選択光スイッチ30の出力する各波長の光信号は分散補償器40₁～40_nそれぞれで分散補償されたのち、光反射器80₁～80_nそれぞれで反射されて折り返され、再び分散補償器40₁～40_nそれぞれで分散補償されて波長選択光スイッチ30の各出力ポートに供給される。そして、波長選択光スイッチ30内を逆行してWDM信号に合波され、波長選択光スイッチ30の入力ポートから出力される。このWDM信号は光サーキュレータ76の第2ポートに供給され、光サーキュレータ76の第3ポートから出力されて光アンプ78に供給され、光アンプ78で増幅されて出力される。

【0041】

この実施例では、単一の波長選択光スイッチ30で第1実施例における波長選択光スイッチ50の機能を兼ねることができ、構成が簡単になる。また、各波長の光信号は分散補償器40₁～40_nを2度通るため、各分散補償器40₁～40_nの分散補償値を第1実施例における分散補償値の1/2にすることができる。

【0042】

図7は、本発明の分散補償装置を用いたWDM通信システムの第1実施例の構成図を示す。同図中、複数の光送信機82₁～82_mそれぞれは異なる波長の光信号を送信する。これらの光信号は複数の光減衰器84₁～84_mで光パワーが一定となるように調整されたのち、光合波器86で光多重される。光合波器86の出力するWDM信号は、図3に示す構成の本発明の分散補償装置88で分散補償されたのち、光ポストアンプ90で増幅されて光伝送路92に送出される。この後、WDM信号は光インラインアンプ94で増幅されて光伝送路96を伝送され、光プリアンプ98を通して図3に示す構成の本発明の分散補償装置100に伝送され、ここで分散補償された後、光分波器102で波長毎に分波され、複数の光受信機104₁～104_mで受信される。

【0043】

前段の分散補償装置88と後段の分散補償装置100で分散ステップを変えている。例えば前段の分散補償装置88の分散補償器40₁～40_nは分散量ステップが $X[p_s/nm]$ の p ($n=p$) 個の分散補償ファイバで構成され、後段の分散補償装置100の分散補償器40₁～40_nは分散量ステップが $X/q[p_s/nm]$ で q ($n=q$) 個の分散補償ファイバで構成される。

【0044】

このような構成をとることで、 $pX[p_s/nm]$ の範囲で入力したWDM信号を前段の分散補償装置88は分散偏差量 X の精度で補償し、その出力を後段の分散補償装置100は分散偏差量を X/q の精度で補償するため、 $pX[p_s/nm]$ の範囲で入力したWDM信号の波長間の分散偏差量を X/q の精度で補償可能となり、40Gb/sのWDM信号のように、高精度に波長間の分散補償値を調整する必要がある場合に好適である。なお、図7のように分散補償装置88、100を離間配置するに限らず、隣接して配置しても良い。

【0045】

図8は、本発明の分散補償装置の第4実施例の構成図を示す。同図中、図3と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。図8において、光アンプ63の出力するWDM信号の一部は光分岐部110で分岐されてスペクトルアナラ

イザ (SAU) 112 に供給される。スペクトルアナライザ 112 は WDM 信号の波長検出を行って各波長の電力をモニタして光スイッチ制御回路 114 に供給する。

【0046】

光スイッチ制御回路 114 は、WDM 信号の各波長の電力が同一となるように、波長選択光スイッチ 50 の小型ミラー 32₁ ~ 32_n それぞれの角度調整を行う。上記小型ミラー 32₁ ~ 32_n の角度調整を行うことにより、回折デバイス 31 から出力される各波長の回折デバイス 33₁ ~ 33_n に至るまでの光損失が可変調整され、光アンプ 63 から出力される WDM 信号は各波長の電力を同一に調整することが可能となる。

【0047】

図 9 は、本発明の分散補償装置を用いた WDM 通信システムの第 2 実施例の構成図を示す。同図中、ノード 120, 121 は光伝送路で集線装置 (HUB) 122 に接続され、同様にノード 123, 124, 125 は光伝送路で集線装置 122 に接続され、また、ノード 126 は光伝送路で集線装置 122 に接続されている。

【0048】

ここで、ノード 120 でアッドされる波長 λ_1 , λ_{40} はノード 125 でドロップされ、ノード 120 でアッドされる波長 λ_{39} はノード 123 でドロップされ、伝送経路長が異なっている。このようなシステムでは、集線装置 122 に本発明の分散補償装置を設けることにより、伝送経路長が異なる各波長について最適な分散補償が可能となる。

【0049】

図 10 は、本発明の分散補償装置を用いた WDM 通信システムの第 3 実施例の構成図を示す。同図中、ノード 130 ~ 135 は第 1 のリングネットワークを構成し、また、ノード 134 ~ 141 は第 2 のリングネットワークを構成しており、ノード 134, 135 は両リングネットワークを構成している。

【0050】

ここで、ノード 130 でアッドされた波長 λ_1 がノード 135, 136 を経由

してノード137でドロップされているものとする。この状態で、ノード136, 137間の伝送路で障害が発生すると、ノード130でアッドされた波長 $\lambda 1$ はノード135からノード136, 134, 141, 140, 139, 138の経路でノード137に至ってドロップされるよう経路の切り替えが行われる。

【0051】

これによって、波長 $\lambda 1$ の伝送経路長は障害発生によって異なったものになるが、このようなシステムでは、ノード134またはノード135に本発明の分散補償装置を設けることにより、波長 $\lambda 1$ の伝送経路が切り替わった場合にも、伝送経路の切り替え時に波長 $\lambda 1$ に対する分散補償値を伝送経路長に応じた最適な値とすることが可能となる。

【0052】

なお、波長選択光スイッチ30, 光スイッチ制御回路60が請求項記載の波長選択光スイッチ手段に対応し、分散補償器40₁～40_nが分散補償手段に対応し、波長選択光スイッチ50が合波手段に対応し、光サーキュレータ76が光サーキュレート手段に対応し、光反射器80₁～80_nが反射手段に対応し、小型ミラー32₁～32_n, 光スイッチ制御回路60が光損失調整手段に対応する。

【0053】

(付記1) 複数の波長が多重化されたWDM信号を1つの入力ポートに入力されて波長分離し、分離した各波長の方路を複数の出力ポートのうち任意の出力ポートに切り替えて出力する波長選択光スイッチ手段と、

前記波長選択光スイッチ手段の各出力ポートに接続され、それぞれ異なった分散補償値が設定された複数の分散補償手段と、

前記複数の分散補償手段の出力する複数の波長を複数の入力ポートに供給されて合波しWDM信号を出力する合波手段を有することを特徴とする分散補償装置。

【0054】

(付記2) 付記1記載の分散補償装置において、

前記波長選択光スイッチ手段は、複数の出力ポートのうち特定の出力ポートから特定波長を外部に出力することを特徴とする分散補償装置。

【0055】

(付記3) 付記1または2記載の分散補償装置において、
前記合波手段は、複数の入力ポートのうち特定の入力ポートから特定波長を供給され、前記複数の分散補償手段の出力する複数の波長と前記特定波長を合波することを特徴とする分散補償装置。

【0056】

(付記4) 第1ポートから入力される複数の波長が多重化されたWDM信号を第2ポートから出力し、前記第2ポートに入力されるWDM信号を第3ポートから出力する光サーキュレート手段と、

前記第2ポートから供給される前記複数の波長が多重化されたWDM信号を1つの入力ポートに入力されて波長分離し、分離した各波長の方路を複数の出力ポートのうち任意の出力ポートに切り替えて出力する波長選択光スイッチ手段と、

前記波長選択光スイッチ手段の各出力ポートに接続され、それぞれ異なった分散補償値が設定された複数の分散補償手段と、

前記複数の分散補償手段それぞれの端部で出力光を反射して折り返す複数の反射手段を
有することを特徴とする分散補償装置。

【0057】

(付記5) 付記1乃至4のいずれか記載の分散補償装置を光伝送路に設けたことを特徴とする波長分割多重通信システム。

【0058】

(付記6) 付記1乃至4のいずれか記載の分散補償装置において、
前記複数の分散補償手段それぞれに等ステップで分散補償値を設定したことを特徴とする分散補償装置。

【0059】

(付記7) 付記1記載の分散補償装置において、
前記合波手段は、複数の入力ポートに入力された複数の波長それぞれの方路を1つの出力ポートに切り替え、合波して得たWDM信号を出力する波長選択光スイッチ手段で構成され、

前記複数の入力ポートから前記 1 つの出力ポートに至る各波長の光損失を可変調整する光損失調整手段を有することを特徴とする分散補償装置。

【0060】

(付記 8) 付記 6 記載の分散補償装置を複数台接続して構成され、各分散補償装置の複数の分散補償手段に設定されている等ステップの分散補償値を、分散補償装置毎に異ならせたことを特徴とする分散補償装置。

【0061】

(付記 9) 付記 1 または 7 記載の分散補償装置において、前記波長選択光スイッチ手段は、入力光を分光する第 1 回折デバイスと、前記回折デバイスで分光された各波長の方路を切り替える複数のミラーと、前記複数のミラーから供給される複数の波長を合波する第 2 回折デバイスとよりなることを特徴とする分散補償装置。

【0062】

(付記 10) 付記 1 または 7 記載の分散補償装置において、前記波長選択光スイッチ手段は、入力光を分光する第 1 回折デバイスと、前記回折デバイスで分光された各波長の方路を切り替える複数のミラーと、前記複数のミラーから供給される複数の波長を合波する第 2 回折デバイスとよりなることを特徴とする分散補償装置。

【0063】

(付記 11) 付記 8 記載の分散補償装置を構成し等ステップの分散補償値が異なる複数台の分散補償装置を光伝送路中の異なる位置に設けたことを特徴とする波長分割多重通信システム。

【0064】

【発明の効果】

上述の如く、請求項 1 に記載の発明によれば、波長毎に最適な分散値を設定することができ、光伝送路の分散の波長依存性を高精度に補償することができる。

【0065】

請求項 2 に記載の発明によれば、各波長の分散補償値の調整を行うと同時に、

特定波長のドロップを行うことができる。

【0066】

請求項3に記載の発明によれば、各波長の分散補償値の調整を行うと同時に、特定波長のアッドを行うことができる。

【0067】

請求項4に記載の発明によれば、単一の波長選択光スイッチ手段で合波手段を兼用することができ、構成が簡単になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来のWDM通信システムの一例の構成図である。

【図2】

SMF、NZ-DSF、DCMの分散スロープと、SMFを分散補償器で補償した分散スロープ及びNZ-DSFを分散補償器で補償した分散スロープを示す図である。

【図3】

本発明の分散補償装置の第1実施例の構成図である。

【図4】

入力光信号の分散補償残量及び分散補償器の分散補償値及び出力光信号の分散補償残量を示す図である。

【図5】

本発明の分散補償装置の第2実施例の構成図である。

【図6】

本発明の分散補償装置の第3実施例の構成図である。

【図7】

本発明の分散補償装置を用いたWDM通信システムの第1実施例の構成図である。

【図8】

本発明の分散補償装置の第4実施例の構成図である。

【図9】

本発明の分散補償装置を用いたWDM通信システムの第2実施例の構成図である。

【図10】

本発明の分散補償装置を用いたWDM通信システムの第3実施例の構成図である。

【図11】

分散補償器の分散補償量を示す図である。

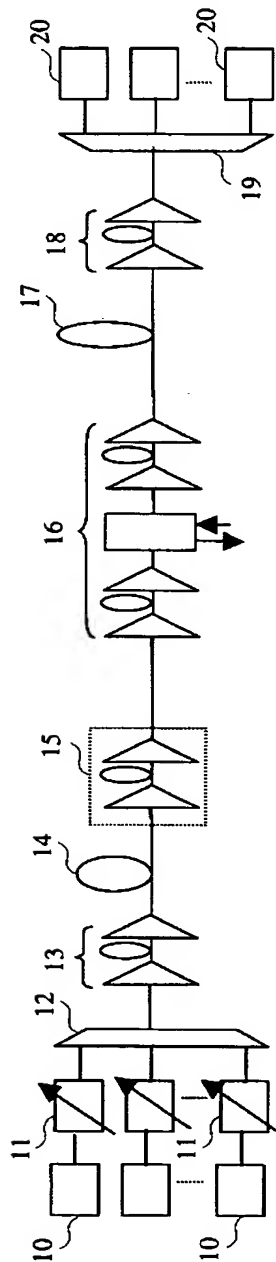
【符号の説明】

- 30, 50 波長選択光スイッチ
- 31, 33₁～33_n 回折デバイス
- 32₁～32_n 小型ミラー
- 40₁～40_n 分散補償器
- 60 光スイッチ制御回路
- 70 光分波器
- 72 光合波器
- 76 光サーキュレータ
- 80₁～80_n 光反射器

【書類名】 図面

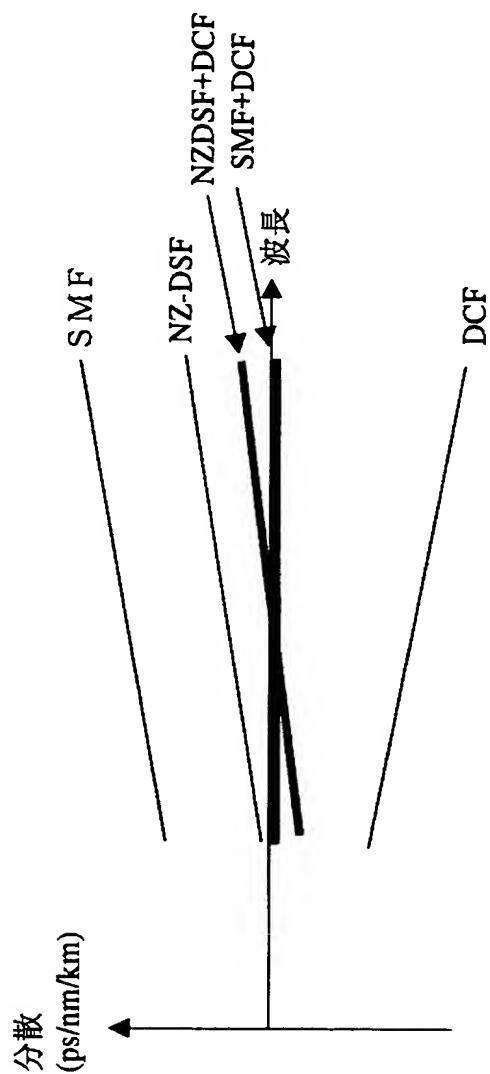
【図 1】

従来のWDM通信システムの一例の構成図



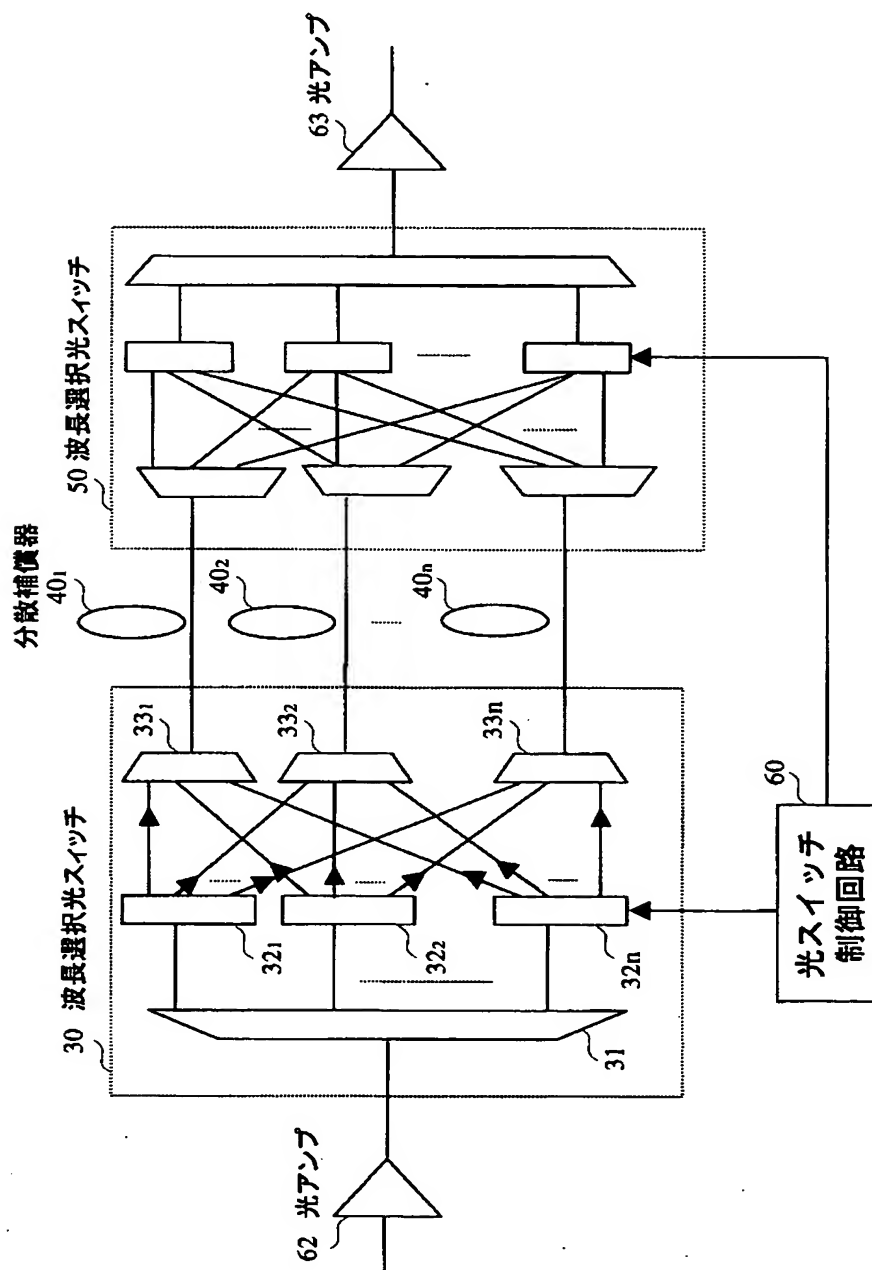
【図 2】

SMF, NZ-DSF, DCFの分散スロープと、
SMFを分散補償器で補償した分散スロープ及び
NZ-DSFを分散補償器で補償した分散スロープを示す図



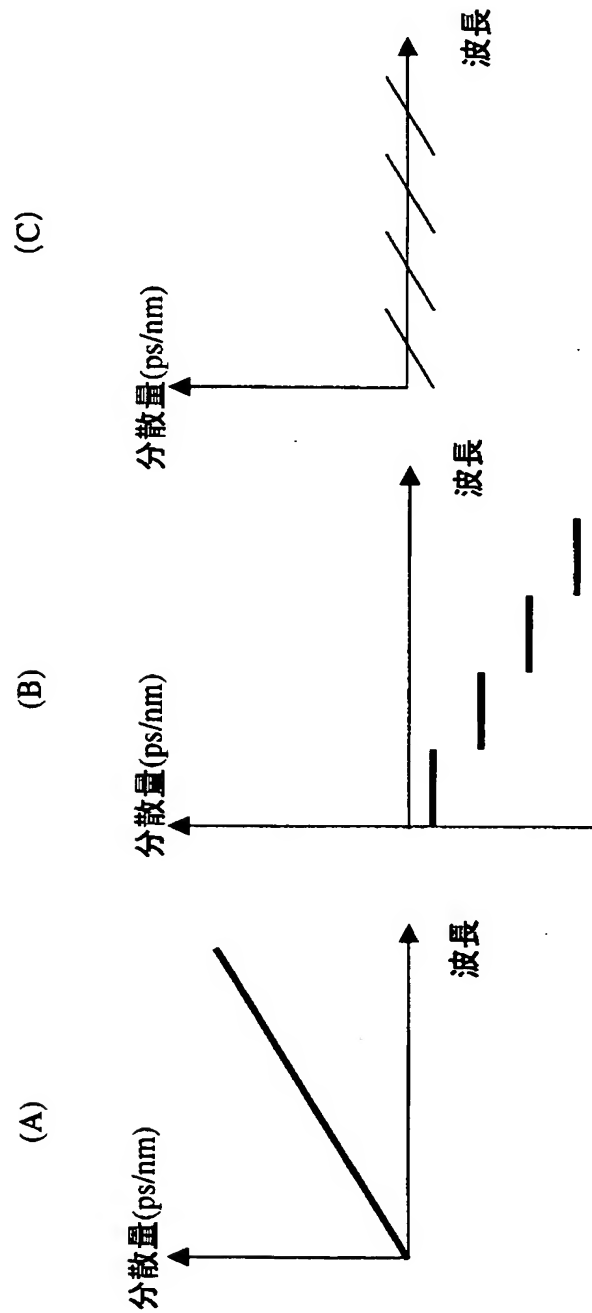
【図 3】

本発明の分散補償装置の第1実施例の構成図



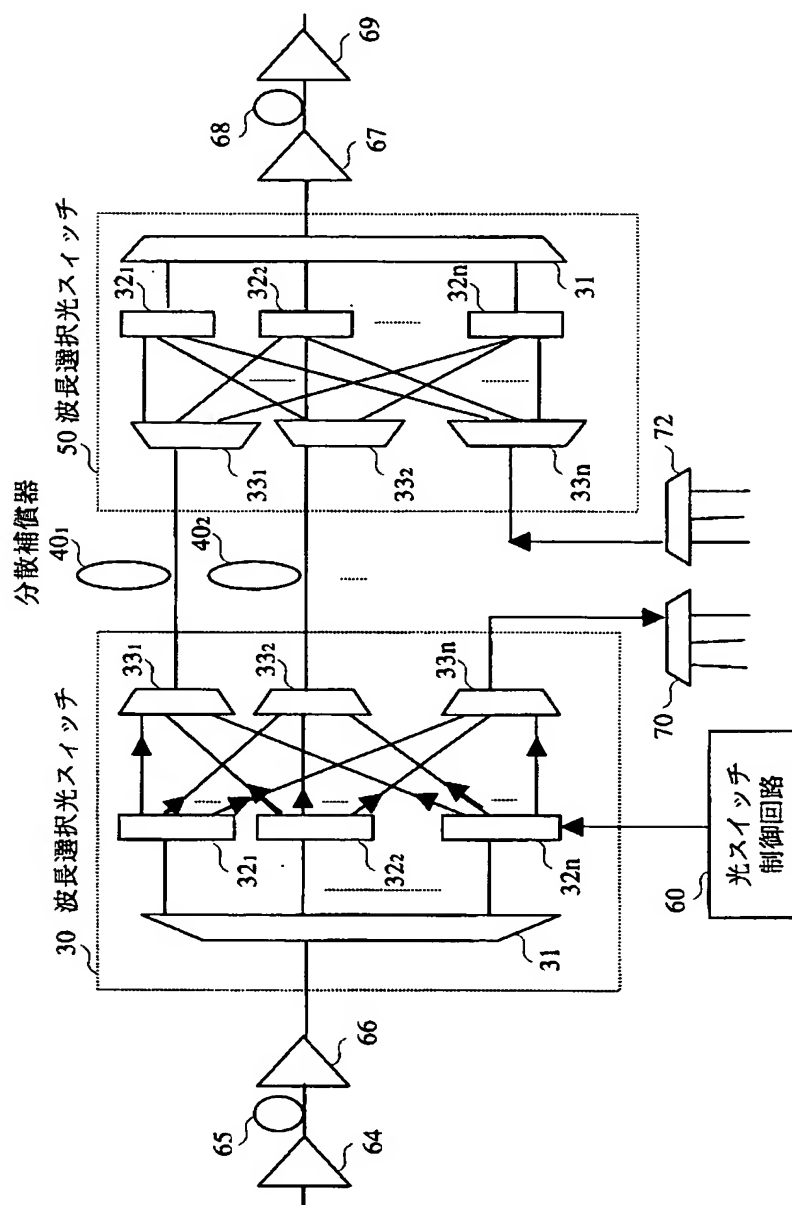
【図 4】

入力光信号の分散補償残量及び分散補償器の分散補償値
及び出力光信号の分散補償残量を示す図



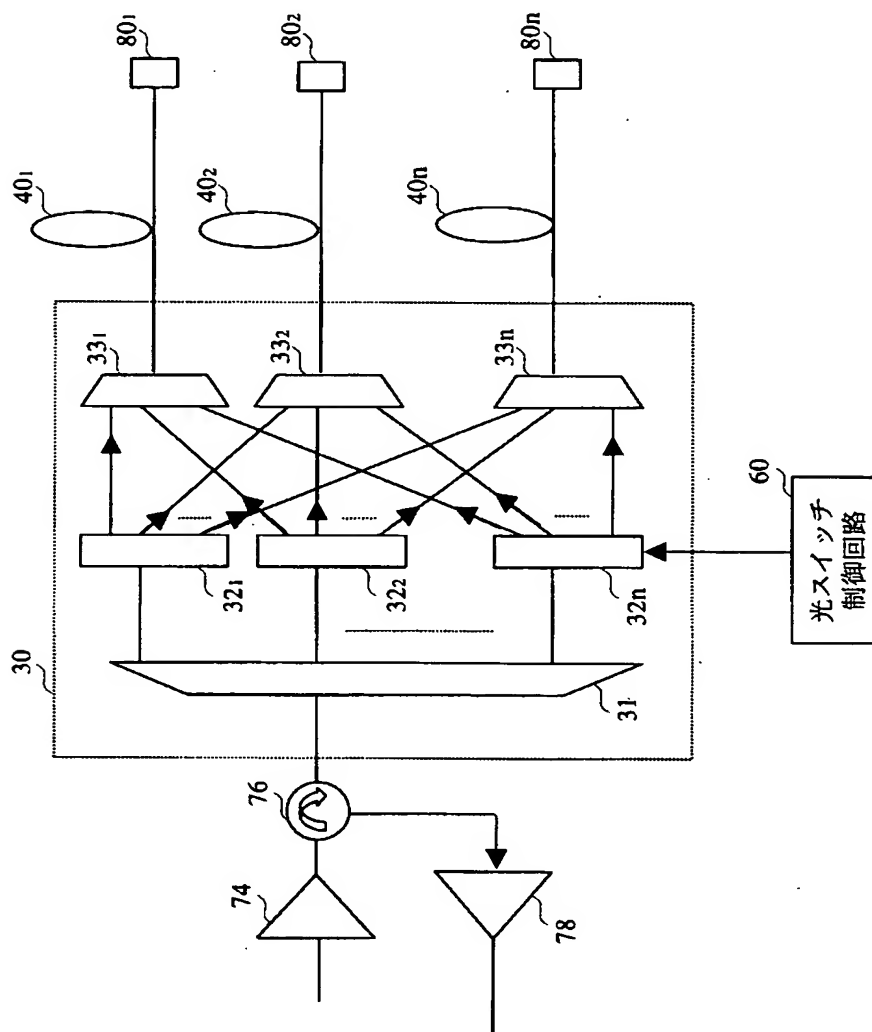
【図 5】

本発明の分散補償装置の第2実施例の構成図



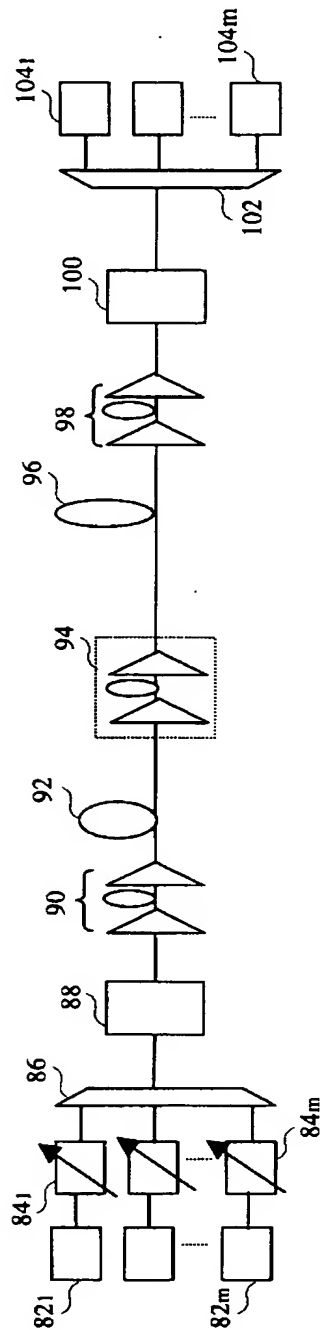
【図 6】

本発明の分散補償装置の第3実施例の構成図



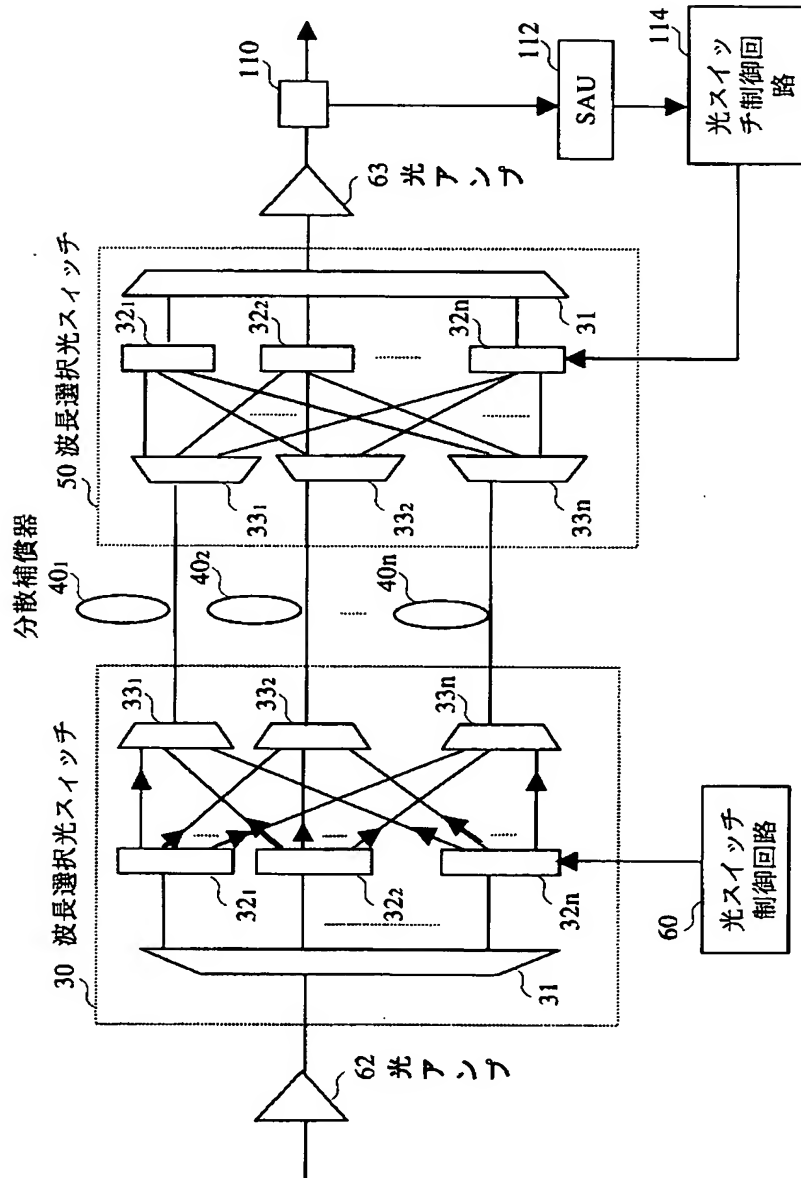
【図 7】

本発明の分散補償装置を用いた
WDM通信システムの第1実施例の構成図



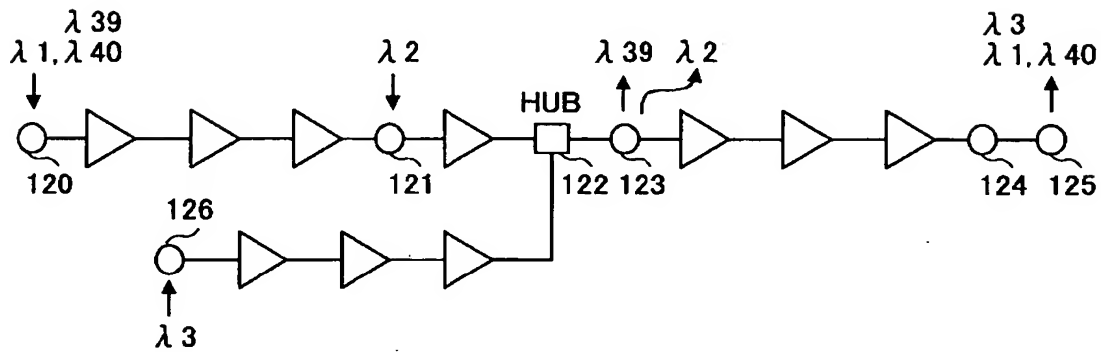
【図 8】

本発明の分散補償装置の第4実施例の構成図



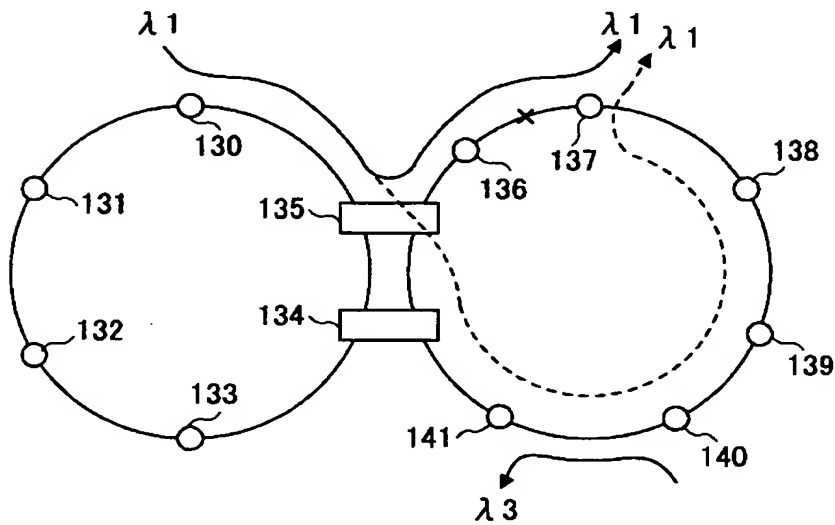
【図 9】

本発明の分散補償装置を用いた
WDM通信システムの第2実施例の構成図



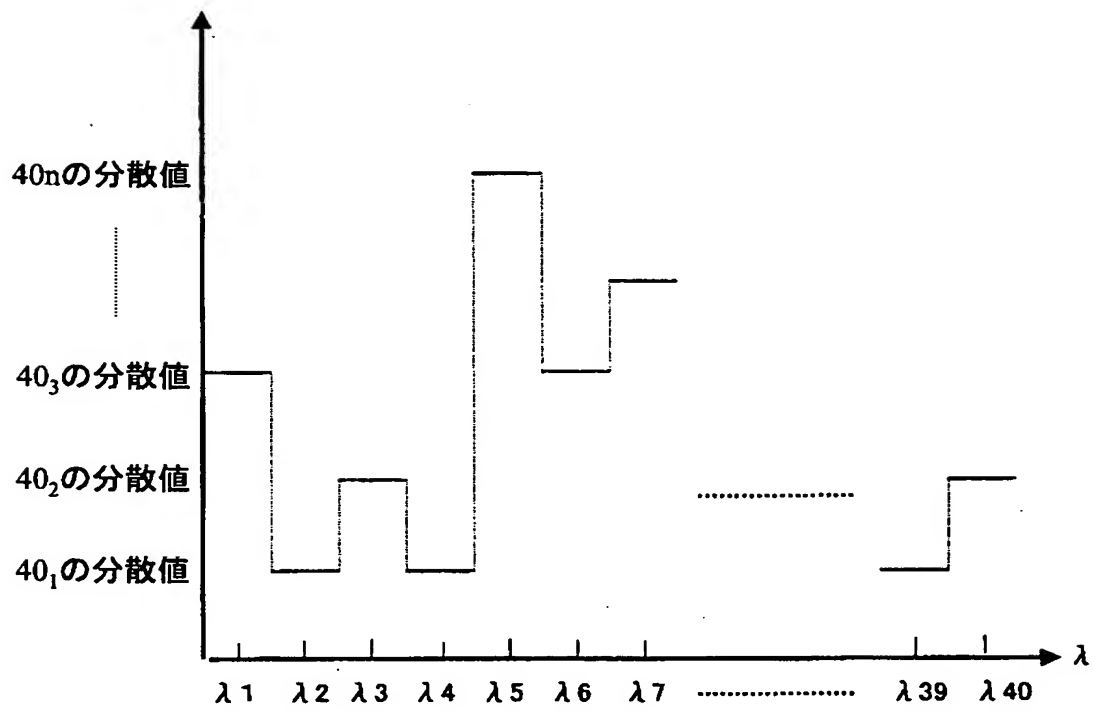
【図 10】

本発明の分散補償装置を用いた
WDM通信システムの第3実施例の構成図



【図 11】

分散補償器の分散補償量を示す図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、波長毎に最適な分散値を設定することができ、光伝送路の分散の波長依存性を高精度に補償することができる分散補償装置及びそれを用いた波長分割多重通信システムを提供することを目的とする。

【解決手段】 複数の波長が多重化されたWDM信号を1つの入力ポートに入力されて波長分離し、分離した各波長の方路を複数の出力ポートのうち任意の出力ポートに切り替えて出力する波長選択光スイッチ手段30と、波長選択光スイッチ手段の各出力ポートに接続され、それぞれ異なった分散補償値が設定された複数の分散補償手段40₁～40_nと、複数の分散補償手段の出力する複数の波長を複数の入力ポートに供給されて合波しWDM信号を出力する合波手段50を有する。

【選択図】 図3

特願 2 0 0 3 - 0 4 1 3 9 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社